# ANEXOS

# Índice de anexos

ROBOTICS STARTER KIT ..... i
ESPECIFICACIONES (INGLÉS) ..... i
sbRIO 9631 ..... iii
ENOBIO ..... xi
EXTRACTO DEL MANUAL DE USUARIO ..... xi
EXTRACTO DE LA API DE ENOBIO (INGLÉS) ..... xii
CLASES DE LA API DE ENOBIO (INGLÉS) ..... xiii
LA CLASE ENOBIO (INGLÉS) ..... xiv
WII REMOTE ..... xvii
ESPECIFICACIONES (INGLÉS) ..... xvii
FUNCIONES DE ENOBIO ACCESIBLES ..... xix
DIAGRAMAS DE DIAdem ..... xxiii
DETALLES DE LOS DATOS ADQUIRIDOS ..... xxiii
IMÁGENES DE LA DEMO ..... xxvii
GUÍA DE INICIALIZACIÓN Y PROGRAMA PRINCIPAL ..... xxvii
PROGRAMA DE TEST ..... xxx
LA SELECCIÓN DEL CONTROL Y EL OBJETIVO ..... xxxiii
CONTROL DESDE ENOBIO ..... xxxiv
CONTROL DESDE WII REMOTE ..... xxxvi
CONTROL DESDE TECLADO/RATÓN ..... xxxvi
CONTROL DE LA SIMULACIÓN ..... xxxvii
DOCUMENTACIÓN DE LA DEMO ..... xxxix
READ ME ..... xl
HOW IT WORKS ..... xlvi
Figuras ..... li

# ROBOTICS STARTER KIT

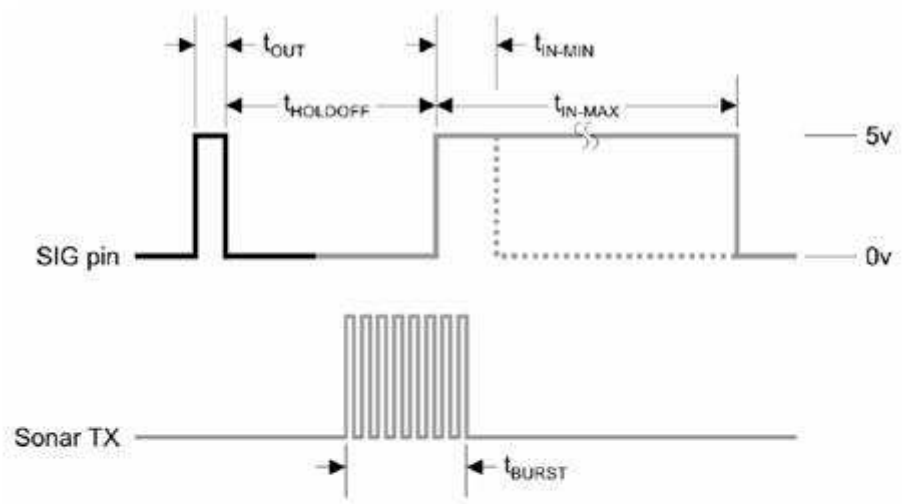
## ESPECIFICACIONES (INGLÉS)

| Platform | |
|---|---|
| Size | 405 mm x 368 mm x 150 mm (15.9'' x 14.5'' x 5.9'') |
| Weight | 3.6 kg (7.9 lb) |
| Battery charge time | 1.7 hours |
| Battery charge time (with the motors turned on)* | 1 hour |
| Battery charge time (with the motors turned off) | 4 hours |

* Assuming that the robot is running the startup application (obstacle avoidance) on a fully charged battery

| Ultrasonic Sensor |
|---|

The Parallax PING))) ultrasonic sensor detects objects by emitting a short ultrasonic burst and then "listening" for the echo. Under the control of a host microcontroller (trigger pulse), the sensor emits a short 40 kHz (ultrasonic) burst. This burst travels through the air at about 1130 feet per second, hits an object, and then bounces back to the sensor. The PING))) sensor provides an output pulse to the host that terminates when the echo is detected; hence, the width of this pulse corresponds to the distance to the target.




| | |
|---|---|
| Supply voltage | 5 VDC |
| Supply current | 30 mA typ; 35 mA max |
| Range | 2cm to 3m |
| Input trigger | positive TTL pulse, 2 µS min, 5 µs typ |
| Echo pulse | positive TTL pulse, 115 µS to 18.5 ms |
| Echo holdoff | 750 µs from fall of trigger pulse |
| Burst frequency | 40 kHz for 200 µs |
| Burst indicator | LED shows sensor activity |
| Delay before next measurement | 200 µs |
| Size (H by W by D) | 22mm x 46mm x 16 mm (0.84in. x 1.8in x 0.6 in.) |

| DC Motors | |
|---|---|
| Supply voltage | 12V |
| Torque | 300 oz-in. |
| RPM | 152 |

| Encoders | |
|---|---|
| Supply voltage | 5V |
| Cycles per revolution | 100 CPR |
| Pulses per revolution | 400 PPR |

## sbRIO 9631

| NI sbRIO-9631<br><br>Network | |
|---|---|
| Network interface | 10BaseT and 100BaseTX Ethernet |
| Compatibility | IEEE 802.3 |
| Communication rates | 10 Mbps, 100 Mbps, auto-negotiated |
| Maximum cabling distance | 100 m/segment |

| RS-232 DTE Serial Port | |
|---|---|
| Baud rate support | Arbitrary |
| Maximum baud rate | 115,200 bps |
| Data bits | 5, 6, 7, 8 |
| Stop bits | 1, 2 |
| Parity | Odd, Even, Mark, Space, None |
| Flow control | RTS/CTS, XON/XOFF, DTR/DSR, None |
| **Processor Speed** | |
| NI sbRIO-9611/9631/9641 | 266 MHz |
| NI sbRIO-9612/9632/9642 and NI sbRIO-96x2XT | 400 MHz |
| **Memory** | |
| Non-volatile memory | |
| NI sbRIO-9611/9631/9641 | 128 MB |
| NI sbRIO-9612/9632/9642 and NI sbRIO-96x2XT | 256 MB |
| System memory | |
| NI sbRIO-9611/9631/9641 | 64 MB |
| NI sbRIO-9612/9632/9642 and NI sbRIO-96x2XT | 128 MB |

For information about the life span of the nonvolatile memory and about best practices for using nonvolatile memory, go to ni.com/info and enter the Info Code SSDBP.

| Xilinx Spartan-3 Reconfigurable FPGA | |
|---|---|
| Number of logic cells | |
| NI sbRIO-9611/9631/9641 | 17,280 |
| NI sbRIO-9612/9632/9642 and NI sbRIO-96x2XT | 46,080 |
| Available embedded RAM | |
| NI sbRIO-9611/9631/9641 | 432 kbits |
| NI sbRIO-9612/9632/9642 and NI sbRIO-96x2XT | 720 kbits |
| **3.3 V Digital I/O** | |
| Number of DIO channels | 110 |
| Maximum tested current per channel | 3 mA |
| Maximum total current, all lines | 330 mA |
| Maximum tested DIO frequency | 10 MHz |
| Input logic levels | |
| Input high voltage, $V_{IH}$ | 2.0 V min; 5.25 V max |
| Input low voltage, $V_{IL}$ | 0 V min; 0.8 V max |
| Output logic levels | |
| Output high voltage, $V_{OH}$ , sourcing 3 mA | 2.7 V min; 3.3 V max |
| Output low voltage, $V_{OL}$ , sinking 3 mA | 0.07 V min; 0.54 V max |
| Overvoltage protection (maximum 2 pins in overvoltage) | |
| NI sbRIO-961*x*/963*x*/964*x* | |
| at –20 to 55 °C | ±20 V |
| NI sbRIO-96*x*2XT | |
| at –20 to 85 °C | ±20 V |

| | |
|---|---|
| at –40 to –20 °C | ±7 V |
| Posistor (PRG18BB330MS1RB from Murata) | |
| Maximum peak abnormal-condition current | 760 mA |
| Maximum hold current at 25 °C | 36 mA |
| Maximum hold current at 70 °C | 20 mA |
| Maximum hold current at 85 °C (NI sbRIO-96x2XT only) | 3 mA |
| Trip current at 25 °C | 71 mA |
| Resistance at 25 °C | 33 Ω ±20% |

## Analog Input

All voltages are relative to AI GND unless otherwise noted.

| | |
|---|---|
| Number of channels | 32 single-ended or 16 differential analog input channels |
| ADC resolution | 16 bits |
| Differential nonlinearity | No missing codes guaranteed |
| Integrated nonlinearity | Refer to the AI Absolute Accuracy Tables and Formulas. |
| Conversion time | 4.00 µs (250 kS/s) |
| Input coupling | DC |
| Nominal input ranges | ±10 V, ±5 V, ±1 V, ±0.2 V |
| Minimum overrange (for 10 V range) | 4% |
| Maximum working voltage for analog inputs (signal + common mode) | Each channel must remain within ±10.4 V of common |
| Input impedance (AI-to-AI GND) | |
| Powered on | >10 GΩ in parallel with 100 pF |

| | |
|---|---|
| Powered off/overload | 1.2 kΩ min |
| Input bias current | ±100 pA |
| Crosstalk (at 100 kHz) | |
| Adjacent channels | –65 dB |
| Non-adjacent channels | –70 dB |
| Small-signal bandwidth | 700 kHz |
| Overvoltage protection | |
| AI channel (0 to 31) | ±24 V (one channel only) |
| AISENSE | ±24 V |
| CMRR (DC to 60 Hz) | 92 dB |

| Analog Output (NI sbRIO-963*x*/9632XT and NI sbRIO-964*x*/9642XT Only) | |
|---|---|
| Number of channels | 4 analog output channels |
| DAC resolution | 16 bits |
| Type of DAC | String |
| Output range | ±10 V |
| Operating voltage | |
| Nominal | ±10.7 V |
| Minimum | ±10.3 V |
| Maximum | ±11 V |
| Current drive | ±3 mA per channel |
| Output impedance | 0.1 Ω |

## Power Limits

**Caution** Exceeding the power limits may cause unpredictable behavior by the device.

| | |
|---|---|
| 5 V pins (P2, P3, P4, P5) | +5 V ±5%, 2 A max (shared with C Series modules) |

## Power Requirements

The NI sbRIO device requires a power supply connected to connector J3. Refer to the *Powering the NI sbRIO Device* section in the User Guide for information about connecting the power supply.

| | |
|---|---|
| Power supply voltage range | 19–30 VDC [6] |
| Power supply current limit | 1.8 A |
| Power connector internal fuse | 2 A non-replaceable |

Total power requirement = $P_{int} + P_{DIO} + P_{5V} + P_{CSer}$, where:

$P_{int}$ is the consumption by sbRIO internal operation, including integrated I/O

$P_{DIO}$ is the consumption by the 3.3 V DIO

$P_{5V}$ is the consumption by the 5 V voltage output

$P_{CSer}$ is the consumption by installed board-only C Series modules.

**Note** You must add 20% to the calculated or measured total power requirement to account for transient and startup conditions.

| | |
|---|---|
| Maximum $P_{int}$ | |
| NI sbRIO-961x/9612XT | 7.50 W |
| NI sbRIO-963x/9632XT | 7.75 W |
| NI sbRIO-964x/9642XT | 8.00 W |
| Maximum $P_{DIO}$ | 1.28 W |

$P_{DIO}$ = *Total DIO Current* × 3.3 V/0.85

| | |
|---|---|
| Maximum P5V | 11.1 W |

$P_{5V}$ = *Total 5 V Output Current* × 5 V/0.9

| | |
|---|---|
| Maximum $P_{CSer}$ | 3.3 W; each installed C Series module consumes up to 1.1 W. |

Example power requirement calculations:

For an NI sbRIO-9642/9642XT with three installed board-only C Series modules, 20 mA total current through the 3.3 V DIO pins, and 1 A of current through the 5 V output, calculate the total power requirement as follows:

$P_{int}$ = 8.00 W
$P_{CSer}$ = 3.30 W
$P_{DIO}$ = 0.08 W
$P_{5V}$ = 5.55 W

Adding 20% for transient conditions, 16.93 W × 1.2 = 20.32 W

Total power requirement = 20.32 W

For an sbRIO-9612/9612XT with one installed board-only C Series module, 330 mA total current through the 3.3 V DIO pins, and no 5 V output used, calculate the total power requirement as follows:

$P_{int}$ = 7.50 W
$P_{CSer}$ = 1.10 W
$P_{DIO}$ = 1.28 W
$P_{5V}$ = 0.00 W

Adding 20% for transient conditions, 9.88 W × 1.2 = 11.86 W

Total power requirement = 11.86 W

| | |
|---|---|
| Backup battery | 3 V lithium coin cell, BR2032 (–40 to 85 °C) |

Para más información sobre características del kit de robótica, dirigirse a los siguientes enlaces o la página web de National Instruments (www.ni.com):

Paquete de Inicio para NI LabVIEW Robotics (DaNI) para la Educación:

http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208018

NI sbRIO-961x/963x/964x and NI sbRIO-9612XT/9632XT/9642XT User Guide:

http://www.ni.com/pdf/manuals/375052c.pdf

NI sbRIO-961x/963x/964x Quick Reference:

http://www.ni.com/pdf/manuals/375062a.pdf

# ENOBIO

## EXTRACTO DEL MANUAL DE USUARIO

| | | | |
|---|---|---|---|
| Número de canales | 4 | Duración de baterías | 8 horas |
| Salida de datos | Codificación ASCII o EDF y/o *streaming* digital sobre TCP/IP | Entradas | Biopotenciales (EEG,ECG, EOG) |
| Ancho de banda | 125 Hz | Tiempo de muestreo | 250 S/s |
| Comunicación inalámbrica | IEEE 802.15.4 | Rango dinámico efectivo | 22 bits |
| Dimensiones | 66 x 55 x 25 mm | DC Offset | Compensación automática del offset para cada canal |
| Peso | 65 gr. | Rechazo a modo común | 96 dB |
| Rango de operación | -45 ºC hasta 125 ºC | | |

**Tabla 1: Especificaciones de Enobio**

Para más información dirigirse a las páginas de la empresa Starlab (http://starlab.es/products/enobio) o bien a las siguientes direcciones:

Neuroelectrics

http://neuroelectrics.com/enobio

Enobio User Manual

http://neuroelectrics.com/sites/neuroelectrics.com/files/enobio/UserManualEnobio.pdf

# EXTRACTO DE LA API DE ENOBIO (INGLÉS)

The Enobio API consists on a set of classes that permit the access to the Enobio device and the data that it provides.

The main class to access the device is Enobio. This class provides methods for opening the device, starting and stopping the data streaming and configuring the device.

The device configuration is made through the Property class which shall be set with a valid property name and its value. The valid property names are available as static strings by the Enobio class (they all start with "STR_PROPERTY_" prefix).

The access to both the data streaming and the device status is made through a producer-consumer protocol. Enobio implements two producers, one for the data streaming (Enobio::ENOBIO_DATA) and another one for its status (Enobio::STATUS). By registering an implementation of the IDataConsumer virtual class with the Enobio::registerConsumer method the link between the poducer and the cosumer is made. Thus the Enobio class will call the IDataConsumer::receiveData method of all registered IDataConsumer implementations every time a new sample is available or the device status changes.

The actual data or status is passed as a parameter to the IDataConsumer::receiveData implementation through the PData class. The pointer returned by the PData::getData method shall be casted to the EnobioData or StatusData class depending on whether the implementation of the IDataConsumer is registered to the Enobio::ENOBIO_DATA producer or the Enobio::STATUS one.

The implementation of the IDataConsumer::receiveData method shall take into consideration that it will be executed from a different thread than teh Enobio one. So the operations done within the implementation shall be thread-safe.

Another consideration that the IDataConsumer::receiveData implementation shall take into account is that the data accessed through the PData::getData method is not accessible out of the scope of that method. That data is deleted inside the Enobio class when all the IDataConsumer implementations are called.

# CLASES DE LA API DE ENOBIO (INGLÉS)

| | |
|---|---|
| Enobio | This class provides access to the Enobio device and its data streaming |
| EnobioData | This class encapsulates an Enobio data sample |
| IDataConsumer | Base class of a data consumer. It is registered to a data producer in order to receive its data |
| IDataProcessor | Base class that allows using the IDataConsumer and IDataProducer interfaces in order to process incoming data and pass it to other IDataProcessors that might be registered |
| IDataProducer | Base class of a data producer. It sends data to all the data consumers that are registered to it |
| PData | Generic data class that contains an unspecific data object |
| Property | Class that encapsulates a property value |
| StatusData | This class holds the status generated by the Enobio class |

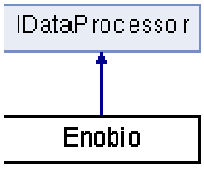
Tabla 2: Clases de la API de Enobio

# LA CLASE ENOBIO (INGLÉS)

This class provides access to the Enobio device and its data streaming. More...

#include <Enobio.h>

Inheritance diagram for Enobio:




List of all members.

Public Types

| | |
|---|---|
| enum | producerIDs { ENOBIO_DATA = 1, STATUS = 2 } |

Public Member Functions

| | |
|---|---|
| | Enobio () |
| virtual | ~Enobio () |
| bool | openDevice () |
| void | closeDevice () |
| void | startStreaming () |
| void | stopStreaming () |
| bool | ping () |
| const Property * | getProperty (const char *propertyName) |
| bool | setProperty (const Property &property) |
| virtual IDataConsumer * | getDataConsumer (const int id) |
| virtual IDataProducer * | getDataProducer (const int id) |
| virtual bool | registerConsumer (const int id, IDataConsumer &dataConsumer) |

| | |
|---|---|
| virtual bool | deregisterConsumer (const int id, const IDataConsumer &dataConsumer) |

Static Public Attributes

| | |
|---|---|
| static const char * | STR_PROPERTY_USB_FIRMWARE_VERSION |
| static const char * | STR_PROPERTY_ENOBIO_FIRMWARE_VERSION |
| static const char * | STR_PROPERTY_USB_TRANSMISSION_CHANNEL |
| static const char * | STR_PROPERTY_ENOBIO_TRANSMISSION_CHANNEL |
| static const char * | STR_PROPERTY_ENABLE_CHANNEL_1 |
| static const char * | STR_PROPERTY_ENABLE_CHANNEL_2 |
| static const char * | STR_PROPERTY_ENABLE_CHANNEL_3 |
| static const char * | STR_PROPERTY_ENABLE_CHANNEL_4 |
| static const char * | ENOBIO_API_VERSION |

---

Detailed Description

This class provides access to the Enobio device and its data streaming.

This class provides methods for opening the device, starting and stopping the data streaming and configuring the device.

It inheritates from the base class IDataProcessor so it provides producer implementations to which IDataConsumer implementations can register to access both streaming data and device status.

Definition at line 70 of file Enobio.h.

Para más información sobre la API, las funciones y la programación de este hardware contactar con la empresa desarrolladora en su página web o por e-mail.

**Web**: http://starlab.es/

**e-mail (formulario)**: http://starlab.es/contact_us/form

# WII REMOTE

## ESPECIFICACIONES (INGLÉS)

The Wii Remote (informally known as the Wiimote) is the Wii's main input device. It is a wireless device, using standard Bluetooth technology to communicate with the Wii. It is built around a Broadcom BCM2042 bluetooth System-on-a-chip, and contains multiple peripherals that provide data to it, as well as an expansion port for external add-ons. The Wii Remote uses (and, at times, abuses) the standard Bluetooth HID protocol to communicate with the host, which is directly based upon the USB HID standard. As such, it will appear as a standard input device to any Bluetooth host. However, the Wii Remote does not make use of the standard data types and HID descriptor, and only describes its report format length, leaving the actual contents undefined, which makes it useless with standard HID drivers (but some Wiimote Drivers exist). The Wii Remote actually uses a fairly complex set of operations, transmitted through HID Output reports, and returns a number of different data packets through its Input reports, which contain the data from its peripherals.

### Accelerometer

The Wii Remote includes a three-axis linear accelerometer located on the top suface of the circuit board, slightly left of the large A button. The integrated circuit is the ADXL330 (data sheet), manufactured by Analog Devices. This device is physically rated to measure accelerations over a range of at least +/- 3g with 10% sensitivity.

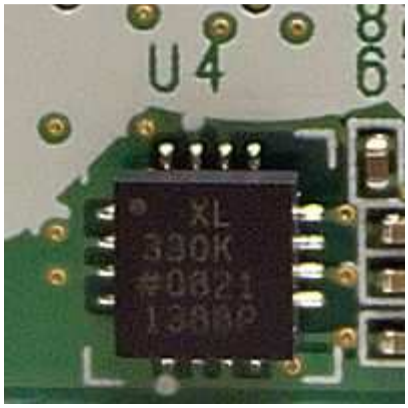



Figura 1: ADXL330 in a Wii remote

Since the accelerometer actually measures the force exerted by a set of small proof masses inside of it with respect to its enclosure, the accelerometer measures linear acceleration in a free fall frame of reference. If the Wii Remote is in free fall, it will report zero acceleration. At rest, it will report an upward acceleration (+Z, when horizontal) equal to the acceleration due to gravity, g (approximately 9.8 m/s$^2$) but in

the opposite direction. This fact can be used to derive tilt from the acceleration outputs when the Wii Remote is reasonably still.

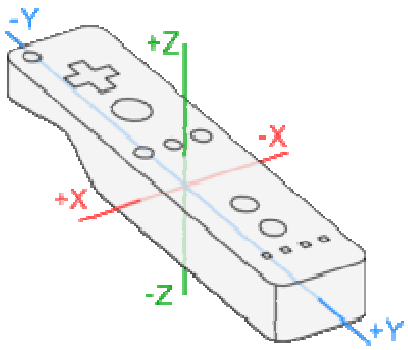



Figura 2: Coordinate system used by Wii Remote

Para obtener más información sobre las especificaciones técnicas, las librerías existentes y demás información de este hardware, puede acudir a la siguiente dirección de internet:

http://wiibrew.org/wiki/Wiimote

# FUNCIONES DE ENOBIO ACCESIBLES

Para realizar el acceso a la API de Enobio, como se ha explicado durante el proyecto se creó un *wrapper* donde se programó el acceso a las bibliotecas del hardware y la exportación de ciertas funciones que serían accesibles desde LabVIEW. A continuación se detallan cuáles son esas funciones que se han configurado para ser accesibles desde LabVIEW.

A continuación se muestra el contenido del archivo "main.h" del proyecto de Microsoft Visual C++ 2010 para la creación del *wrapper*:

```
#ifndef _DLL_H_
#define _DLL_H_

#if BUILDING_DLL
# define DLLIMPORT __declspec (dllexport)
#else /* Not BUILDING_DLL */
# define DLLIMPORT __declspec (dllimport)
# define DLLEXPORT extern "C" __declspec (dllexport)
#endif /* Not BUILDING_DLL */

#include "includes\Enobio.h"
#include <extcode.h>

typedef struct{
	int Ch1;
	int Ch2;
	int Ch3;
	int Ch4;
	long long Tmstp;
} DatosEnobio;

DLLEXPORT int registrar_LVeventos(LVUserEventRef *);

DLLEXPORT int declarar_enobio (void);

DLLEXPORT int abrir_enobio (void);
DLLEXPORT int cerrar_enobio (void);
DLLEXPORT bool enobio_ping (void);

DLLEXPORT int comenzar_streaming (void);
DLLEXPORT int parar_streaming (void);

DLLEXPORT int declarar_consumer_data (void);
DLLEXPORT int declarar_consumer_status (void);

DLLEXPORT int registrar_consumer_data (void);
DLLEXPORT int registrar_consumer_status (void);

DLLEXPORT int configuracion_enobio (void);
DLLEXPORT int transferir_datos (DatosEnobio *);

DLLEXPORT int leer_status (void);
DLLEXPORT int leer_ch1 (void);
DLLEXPORT int leer_ch2 (void);
DLLEXPORT int leer_ch3 (void);
DLLEXPORT int leer_ch4 (void);
DLLEXPORT long long leer_tmstp (void);


DLLEXPORT int configurar_canal_enobio (int, char *, char *);



#endif
```

DatosEnobio es la estructura de datos que se envía normalmente a LabVIEW. Consta de cuatro datos enteros que corresponden a un valor de cada canal, y un dato que representa el momento en que fue hecha la medida (para más información consultar la API de Enobio).

registrar_LVeventos es la función que se utiliza para registrar en la dll el evento de usuario creado en LabVIEW y poder de esta forma alcanzar la máxima velocidad de transmisión de datos entre el hardware y el PC.

declarar_enobio esla función que crea una instancia de la clase para poder acceder al hardware.

abrir_enobio es la función que abre el canal de comunicación entre la Enobio Box y la diadema.

cerrar_enobio es la función que cierra el canal de comunicación entre la Enobio Box y la diadema.

enobio_ping es función que consulta un *flag* de status de Enobio que indica si la comunicación entre la Enobio Box y la diadema es correcta.

comenzar_streaming es la función que le indica a la diadema que comience el envío de datos hacia la Enobio Box.

parar_streaming es la función que le indica a la diadema que pare el envío de datos hacia la Enobio Box.

declarar_consumer_data es la función que crea una instancia del consumidor de datos que utiliza Enobio para transferir datos al ordenador (para más información consultar la API de Enobio, y patrones productor consumidor).

declarar_consumer_status es la función que crea una instancia del consumidor de estado que utiliza Enobio para transferir datos al ordenador (para más información consultar la API de Enobio, y patrones productor consumidor).

registrar_consumer_data es la función que registra el consumidor de datos dentro de la instancia de la clase enobio creada con anterioridad (para más información consultar la API de Enobio).

registrar_consumer_status es la función que registra el consumidor de estado dentro de la instancia de la clase enobio creada con anterioridad (para más información consultar la API de Enobio).

configuración_enobio es la función que configura algunas variables dentro de la instancia creada de la clase enobio. Por ejemplo las propiedades *STR_PROPERTY_ENABLE_CHANNEL_4*.

transferir_datos es la función llamada desde LabVIEW cada vez que se crea un evento para leer los últimos valores recibidos de los sensores.

leer_status es una función que devuelve un código de estado del hardware adquirido por el consumidor de estados, según lo indicado en la API de Enobio (para más información consultar la documentación de la API de Enobio, *StatusData Class Reference*).

leer_chX son funciones que devuelven el último valor adquirido de un canal concreto.

leer_tmstp es una función que devuelve el último valor de tiempo en que se adquirió una muestra del valor de los sensores.

configurar_canal_enobio es la función que permite seleccionar un canal de transmisión distinto entre los 16 disponibles en la banda que define la norma IEEE 802.15.4.

# DIAGRAMAS DE DIAdem

## DETALLES DE LOS DATOS ADQUIRIDOS

En este apartado se van a mostrar gráficos más detallados de las muestras de datos que se han adquirido en las pruebas que se realizaron con el hardware Enobio.

Se pueden observar en las gráficas los rangos de valores que se pueden medir con estos sensores, así como hacerse una idea de los tiempos que duran las acciones de control.

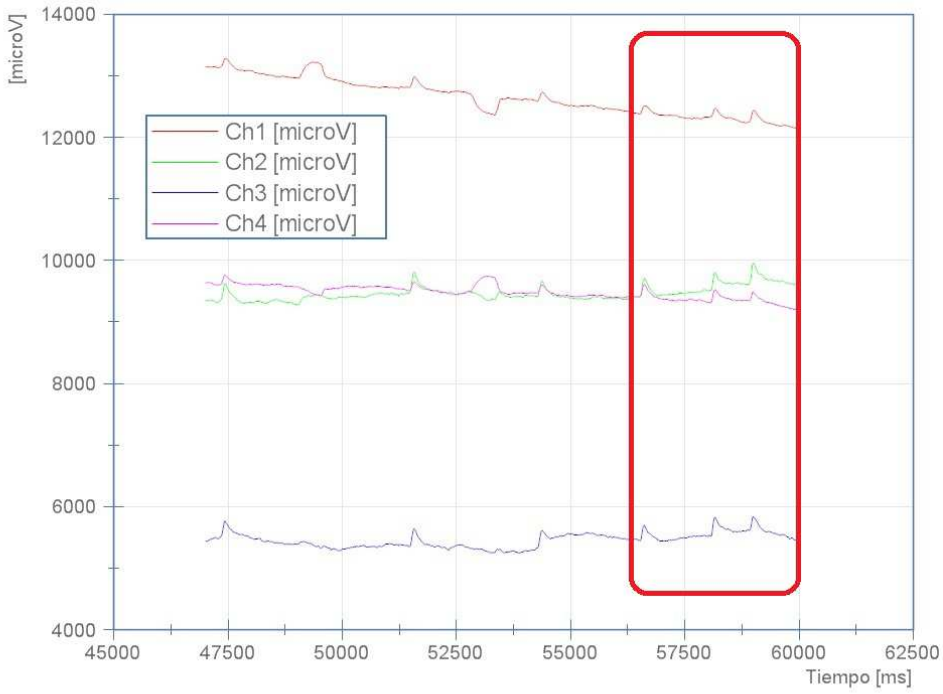



**Figura 3: Detalle de pestañeos en DIAdem**

En este primer gráfico se puede observar resaltado en el marco rojo los típicos picos correspondientes a tres guiños que se realizaron durante la fase de pruebas del proyecto. Se puede comprobar cómo la respuesta de cada uno de los canales es más o menos la misma, aumentando unas décimas de mili voltio.

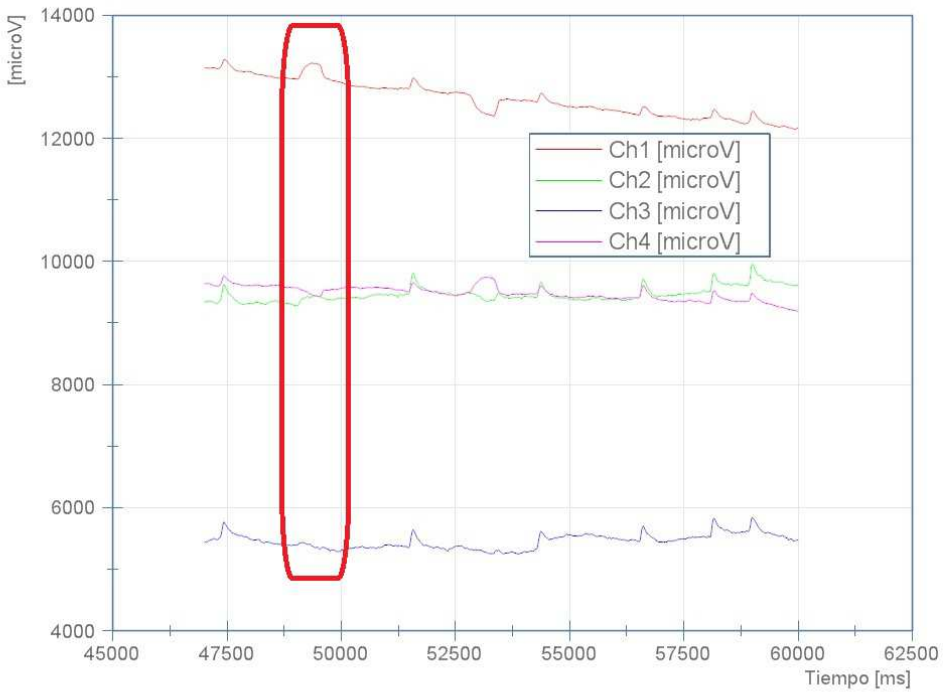



**Figura 4: Detalle mirando a la derecha en DIAdem**

En esta segunda imagen lo que se resalta es un momento en el que el usuario mira hacia la derecha. Puede observarse cómo la reacción en el canal 1 es la de aumentar la tensión ya que la parte más positiva del globo ocular se acerca al sensor que mide este canal, situado en la posición AF8, mientras que en el canal 4, situado en la posición AF7, ocurre lo contrario. También se puede observar cómo los canales 2 y 3, situados en FP2 y FP1 respectivamente, no registran cambios significativos, o por lo menos fácilmente observables y medibles.

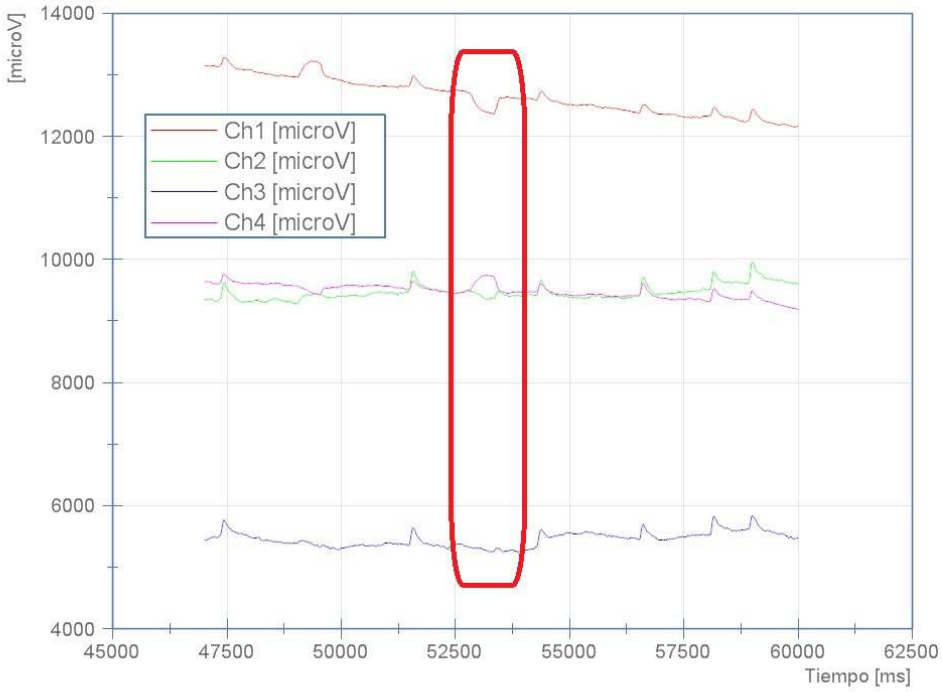



Figura 5: Detalle mirando a la izquierda en DIAdem

Por último, en este último detalle se remarca un momento en el que el usuario mira hacia la izquierda, y se pueden observar parecidos resultados a la acción de mirar a la derecha comentada antes.

# IMÁGENES DE LA DEMO

## GUÍA DE INICIALIZACIÓN Y PROGRAMA PRINCIPAL

El programa al lanzarlo se arranca con una serie de ventanas que le indican al usuario cómo debe conectar y configurar el hardware para poder ponerlo en funcionamiento.

Esta forma de arrancar se diseñó porque los días de las presentaciones de NIDays no se sabía quién o quiénes iban a poder estar informando sobre la demo, o arrancándola para hacerla funcionar.

A continuación se pueden observar una serie de imágenes en las que se puede apreciar cómo son estas ventanas de arranque. Se han incluido también algunas del programa en versión inglesa ya que se tuvieron que traducir todos los textos para poder realizar la presentación en los NIDays en Austria.

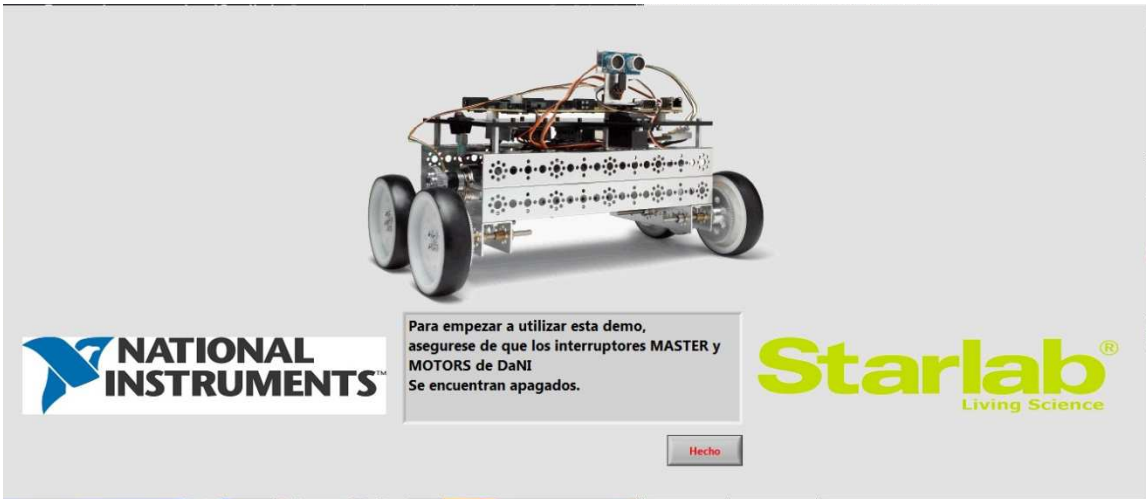



Figura 6: Ventana de inicialización del programa

Tras la consecución de mensajes que aseguran que el usuario va llevando a cabo todos los pasos necesarios para que la demo funcione correctamente, se cierra esta ventana y automáticamente se carga el VI principal, y se pone en funcionamiento, obteniendo el usuario una ventana como la siguiente.

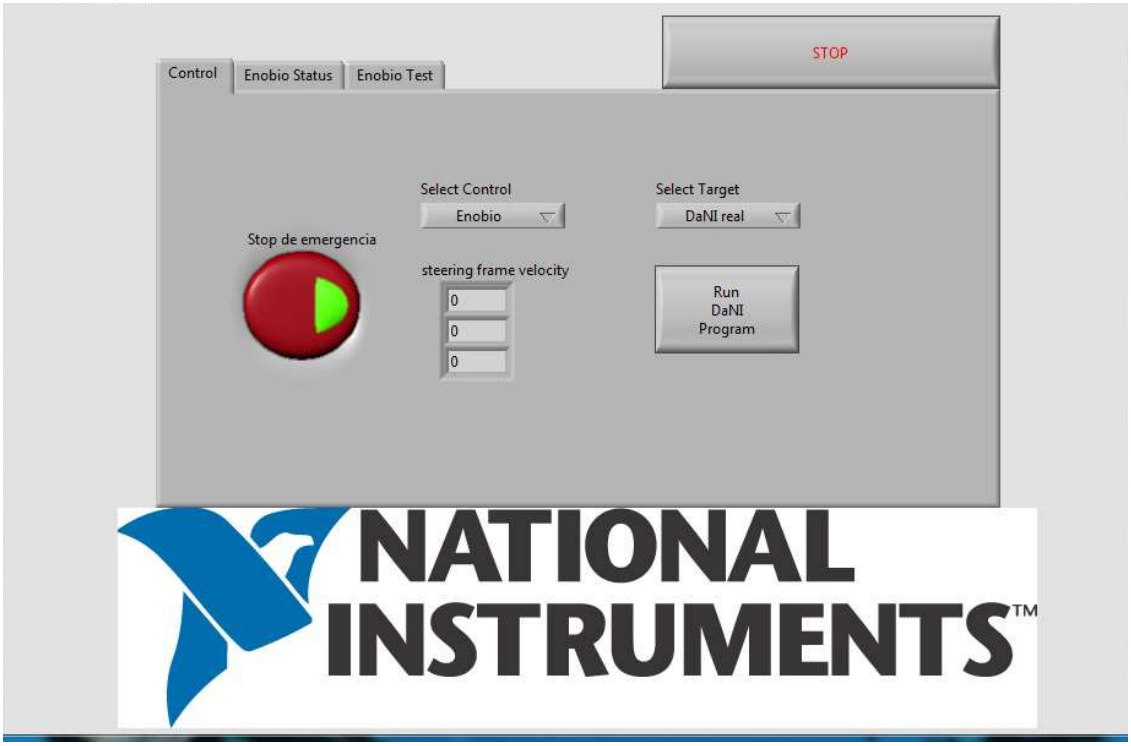



**Figura 7: Panel principal pestaña de control**

A través de las pestañas, el usuario puede seleccionar el tipo de control en esta ventana principal, conectarse al hardware de Enobio en la pestaña de "Enobio Status", o lanzar un programa de test y entrenamiento para aprender a utilizar Enobio para el control de DaNI. A continuación pueden verse imágenes de las otras dos pestañas de este cuadro de mandos principal.

**Figura 8: Panel principal, pestaña de conexión de Enobio**

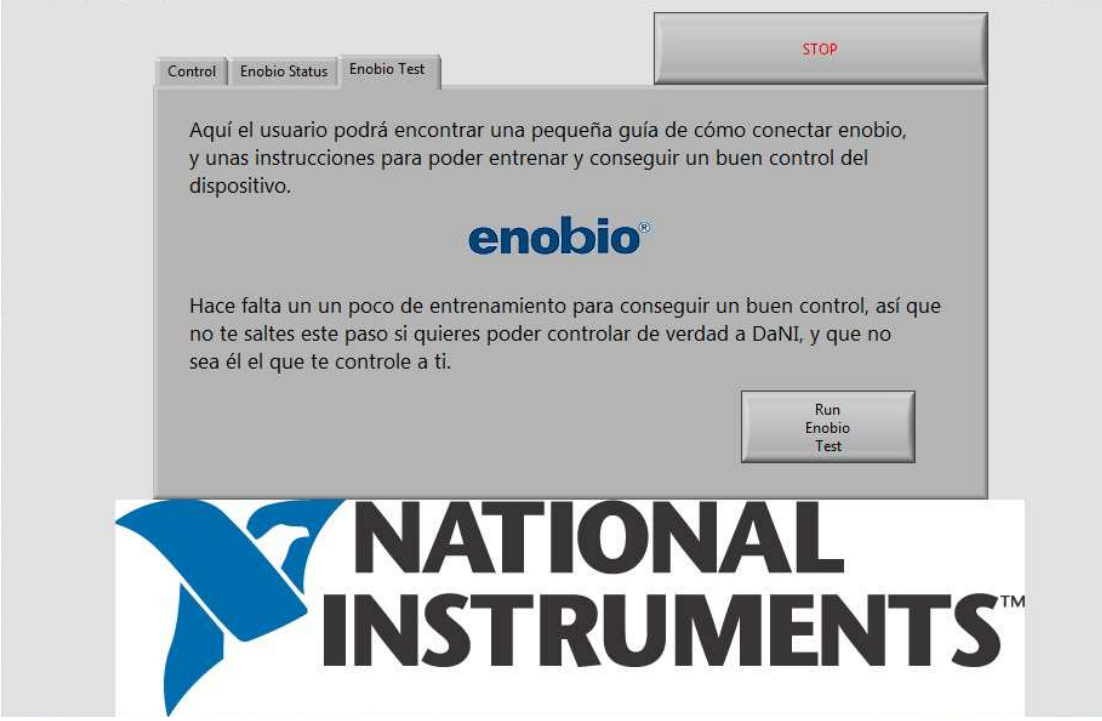



Figura 9: Panel principal, pestaña de test

Desde esta pestaña se lanza el programa de test y entrenamiento.

# PROGRAMA DE TEST

A partir de esta última pestaña el usuario puede lanzar el programa de test que debe utilizar para aprender cómo funciona el control de DaNI a través de Enobio.

Este programa se ejecuta en paralelo con el programa principal, como hacen el resto de subprogramas, de forma que la ventana del programa principal siempre es visible.

A continuación se muestran las imágenes del sub programa de test.

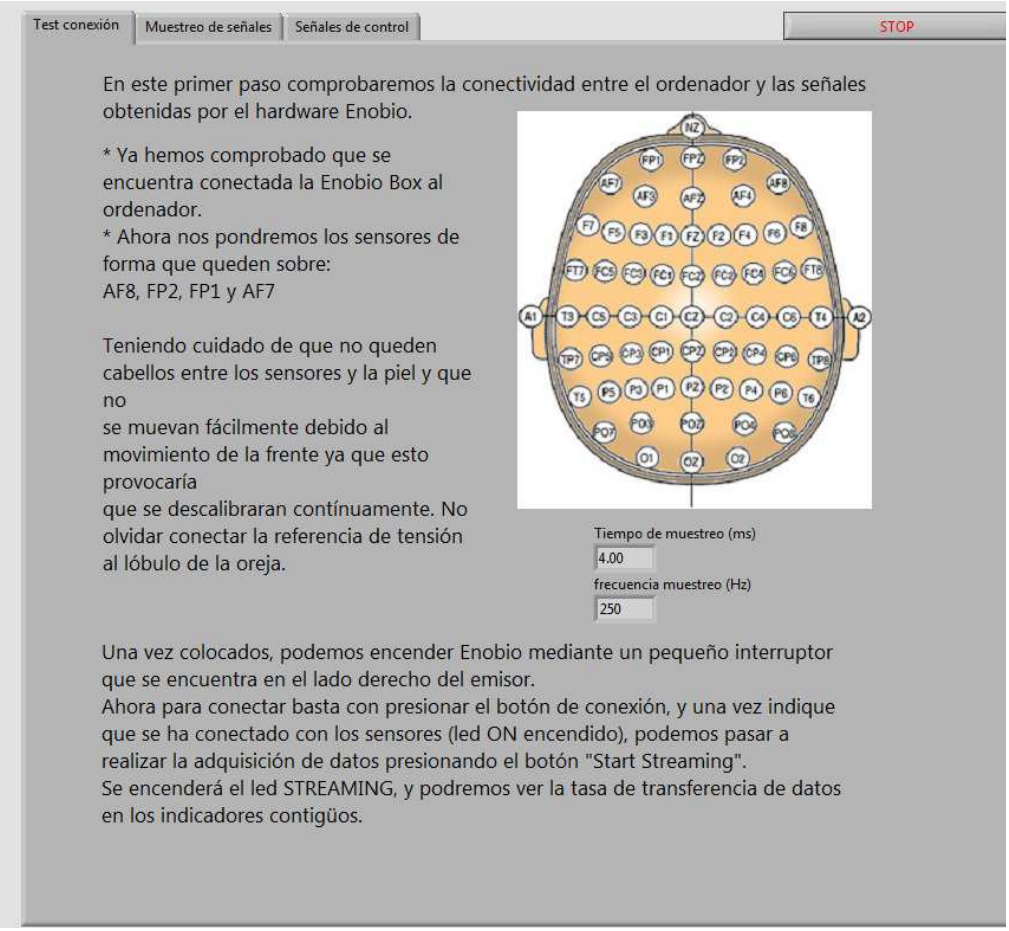



**Figura 10: Panel de test, pestaña de conexión**

En esta primera pestaña del programa de test se le explica al usuario cómo han de colocarse los sensores, cómo abrir la conexión con el hardware desde el programa principal y cómo comenzar el *streaming* de datos hacia el PC. También puede comprobarse mediante unos indicadores una medida de los tiempos de adquisición, para conocer la frecuencia de muestreo de las señales.

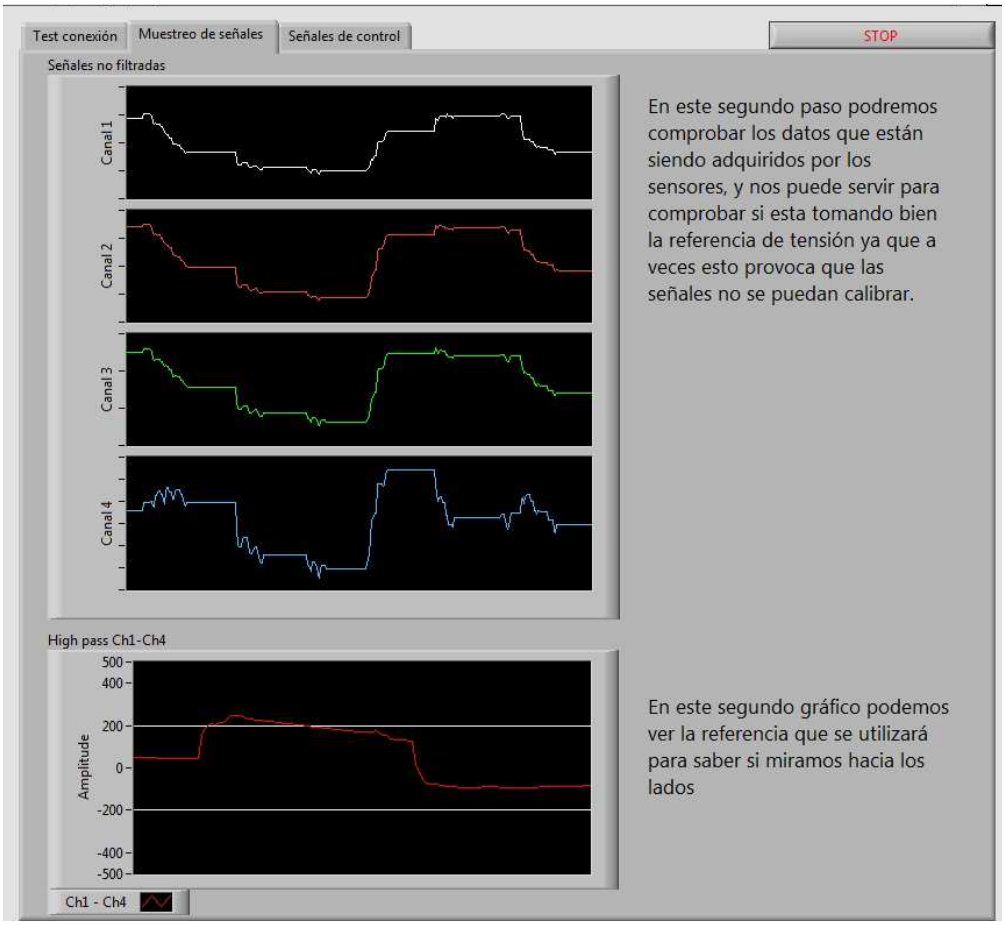



Figura 11: Panel de test, pestaña de señales

En esta segunda pestaña el usuario puede comprobar en unos paneles la adquisición de las señales de cada canal, donde se muestran las señales sin filtrar, y también se muestra más abajo otro gráfico donde el usuario puede ver la señal de referencia que se utilizará para calcular las órdenes de giro.

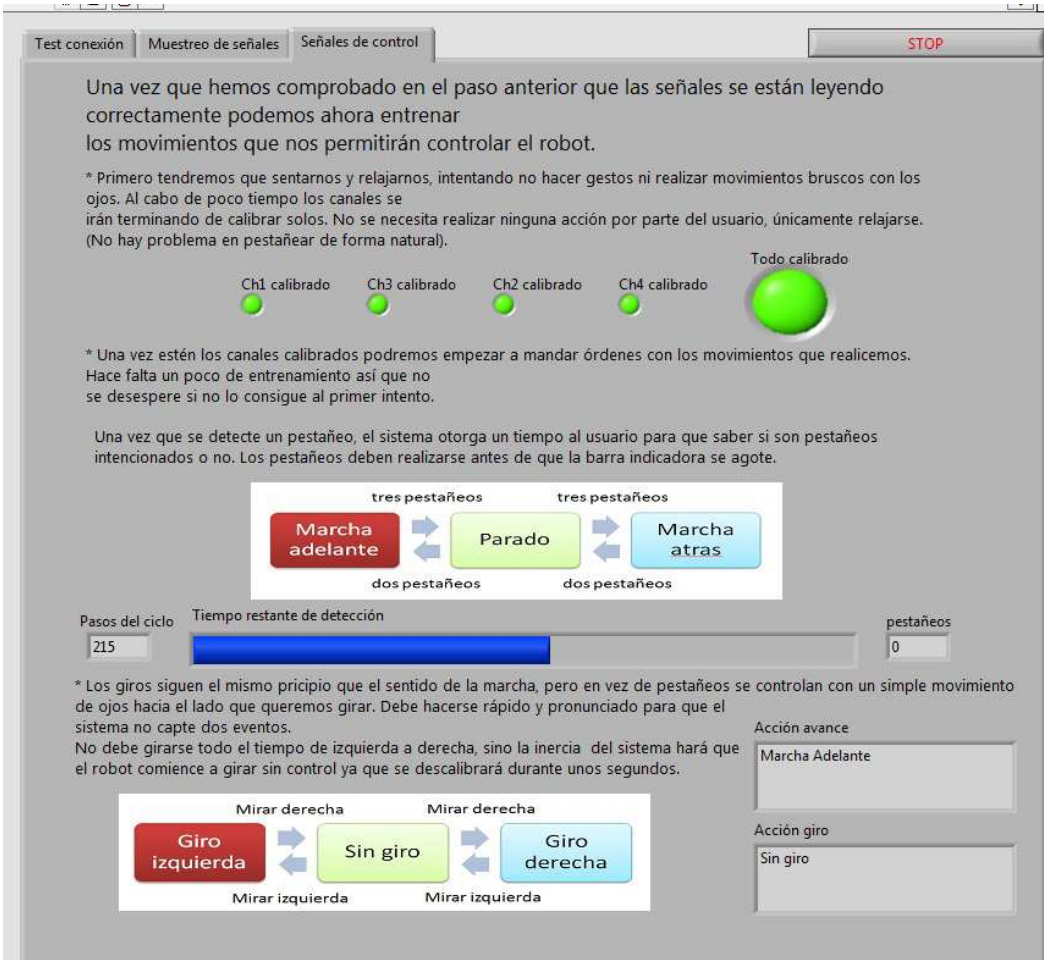



Figura 12: Panel de test, pestaña de control

En el último panel del programa de test se le explica al usuario el funcionamiento básico del auto calibrado de los canales y la estrategia de control. Se muestran unos leds para que el usuario sea consciente de qué está haciendo el programa y pueda ser capaz de detectar si algún canal tiene un funcionamiento anómalo debido a una mala colocación de los sensores o cualquier otra causa. Se añaden también unos indicadores que informan al usuario de la orden que se le estaría mandando al robot en caso de que se estuviese realizando un control real o simulado del robot.

# LA SELECCIÓN DEL CONTROL Y EL OBJETIVO

Dese la ventana principal del programa, en la pestaña de control, se puede seleccionar tanto el método de control como el objetivo que se desea controlar. Una vez seleccionado en los menús, se lanzan los programas correspondientes seleccionados una vez se aprieta el botón "Run DaNI Program" de la pestala de control.

A continuación de muestran las imágenes de estos menús.

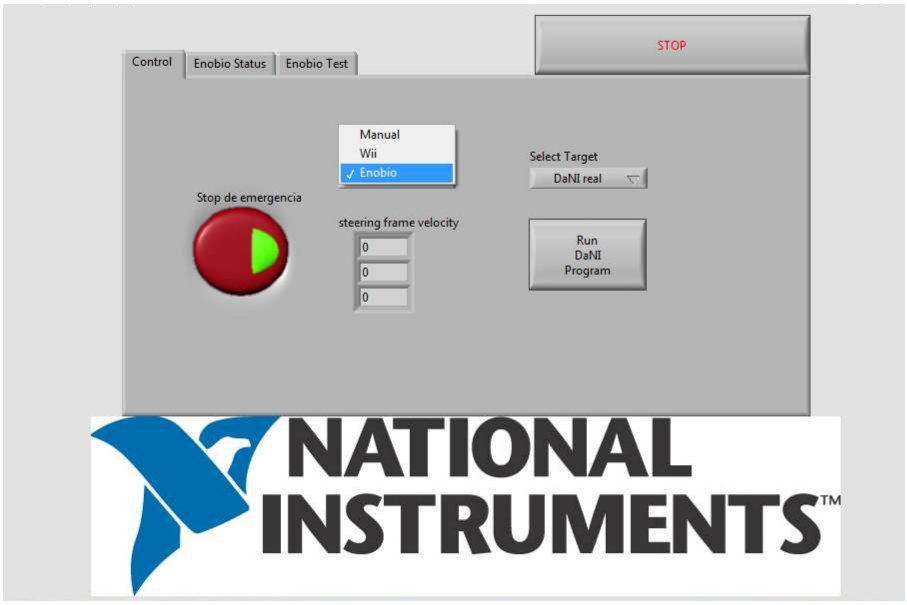



Figura 13: Pestañas de selección de control

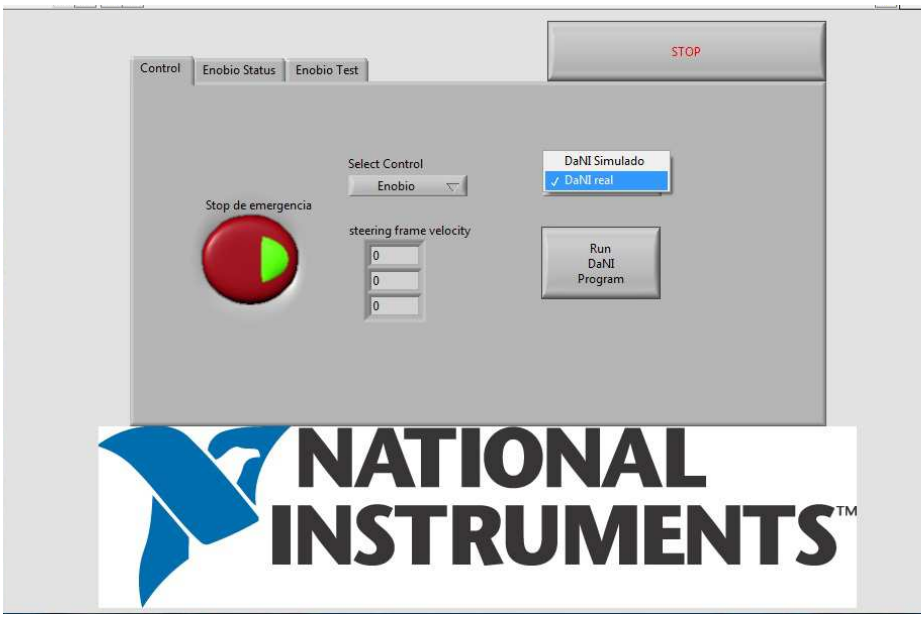



Figura 14: Pestañas de selección de objetivo

# CONTROL DESDE ENOBIO

Los paneles del programa para el control desde Enobio se parecen bastante a los paneles del programa de test, aunque más sobrios ya que se pretende mostrar al usuario la información indispensable para que sea fácilmente visible y no le distraiga del control del robot.

Pueden verse imágenes de los paneles a continuación.

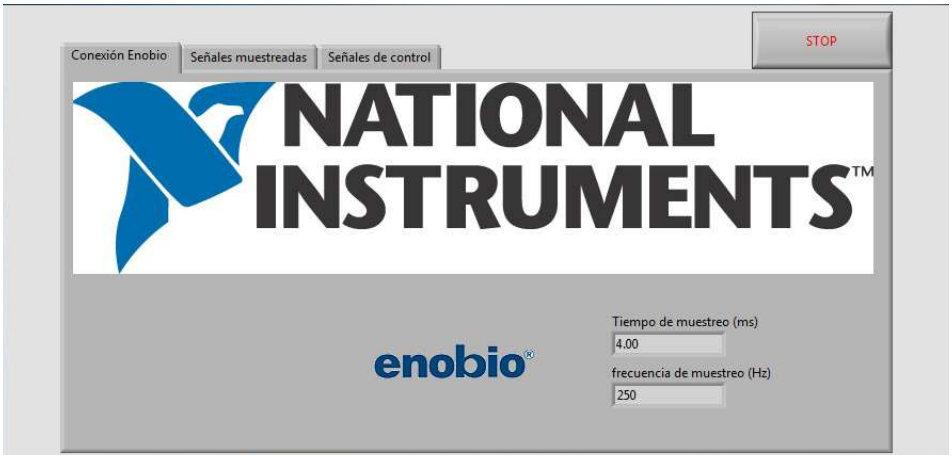



Figura 15: Panel de Enobio, pestaña de conexión

En este primer panel el usuario puede comprobar la velocidad de adquisición y la frecuencia de muestreo.

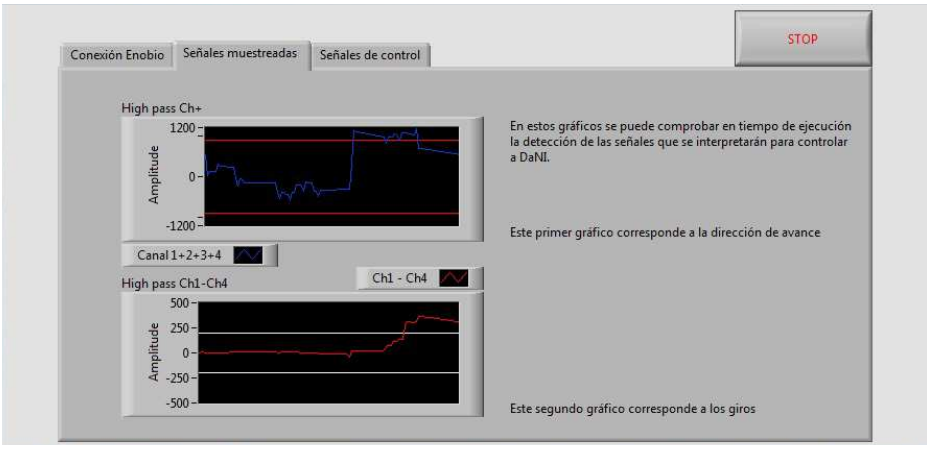



Figura 16: Panel de Enobio, pestaña de señales

En este segundo panel el usuario puede comprobar el valor de las dos señales que manejará el programa para el control de las órdenes del usuario.

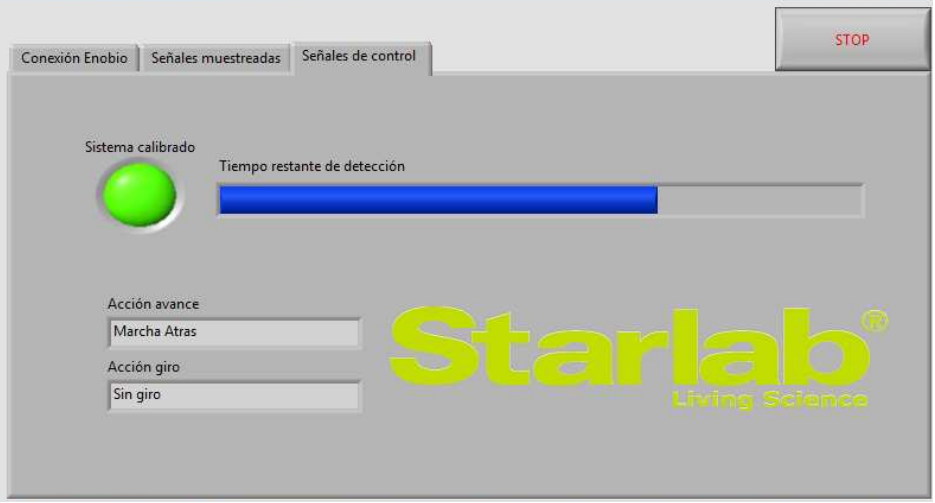



Figura 17: Panel de Enobio, pestaña de control

En este último panel se le indica al usuario mediante un led el estado de calibración de las señales, para que sepa a partir de qué momento puede mandar órdenes al robot, una barra que le indica el tiempo restante para generar la orden de control, y dos indicadores que le muestran las señales que se están enviando en este momento al robot.

# CONTROL DESDE WII REMOTE

En este caso se lanza una ventana donde el usuario puede ver todos los sensores del mando y sus valores. También tiene un indicador que le muestra las velocidades que le van a ser enviadas al robot.

A continuación se muestra una imagen de la ventana principal del control mediante Wii Remote.

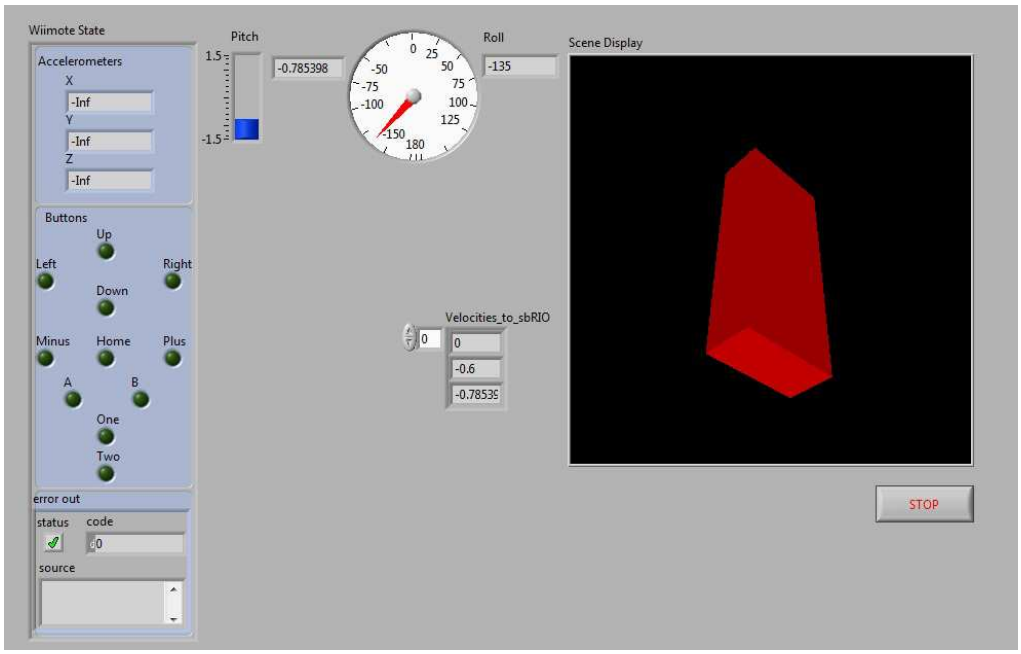



Figura 18: Panel de WiiRemote

# CONTROL DESDE TECLADO/RATÓN

Se trata de una ventana muy sencilla con varios botones que no pueden ser presionados a la vez y un control de velocidad.

Se muestra una imagen a continuación.

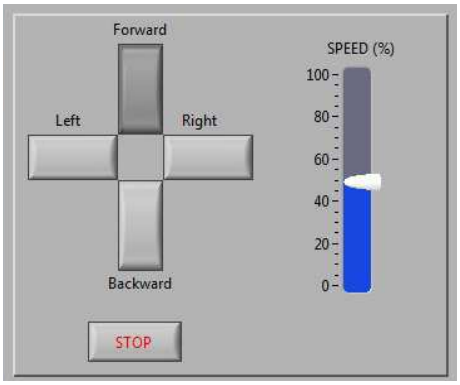



Figura 19: Panel de control por teclado/ratón

# CONTROL DE LA SIMULACIÓN

En el control de la simulación se arranca el motor de simulación que trae el módulo de LabVIEW Robotics, y se carga un entorno con el modelo del robot. Se lanza también una ventana que recoge en un gráfico la simulación de los datos recibidos por el sensor de ultrasonidos.

Se muestra a continuación una imagen de entorno de simulación y la simulación de los datos del sensor.

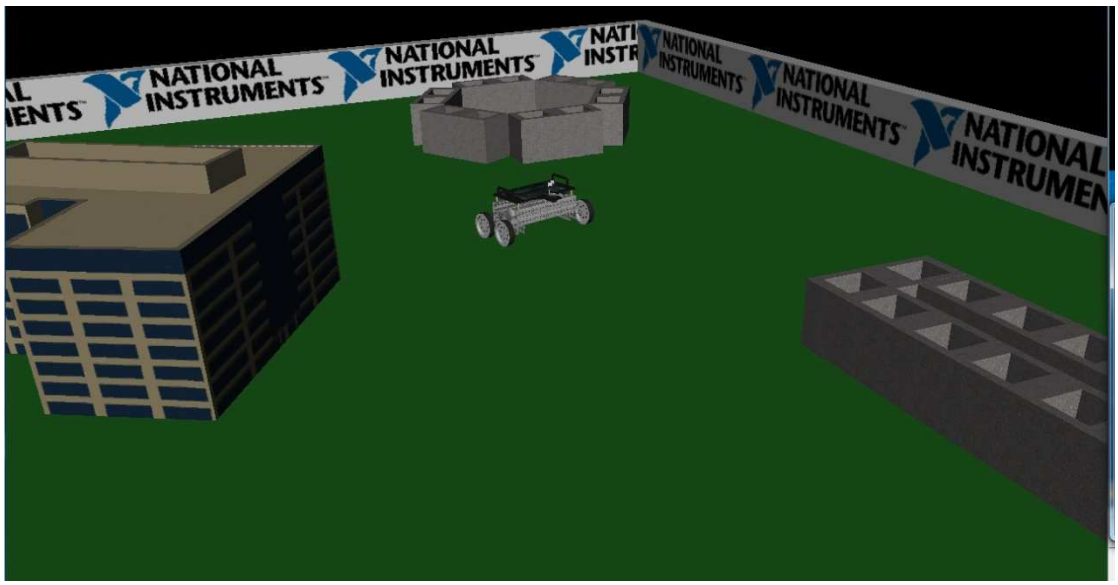



Figura 20: Entorno de simulación 3D

Figura 21: Simulación de los datos del sensor de ultrasonidos

# DOCUMENTACIÓN DE LA DEMO

Como ya se ha comentado en el escrito del proyecto, la demo fue enviada a Austria para su presentación en la *keynote* de los NIDays de dicho país. Se tuvieron que traducir todos los textos del programa así como crear una documentación explicativa sobre el funcionamiento y las instrucciones de instalación y puesta en marcha de la demo. Esta documentación se adjunta al proyecto en este apartado.

Pueden verse en estos documentos imágenes del programa con los textos traducidos.

A continuación se pueden ver los textos titulados "How it works" y "Read me" de este proyecto.

# READ ME

## LabVIEW – Enobio

### Installation Procedure

To run this project, first you have to install LabVIEW 2011 + LabVIEW Robotics 2011 + LabVIEW FPGA.

Because of a problem with LabVIEW Robotics Simulation Environment, don't forget to configure your System Language as English. To do this, you have to go "Start>>Control Panel>>Region and Language", in the Tab "Formats" select *English (United States)*.

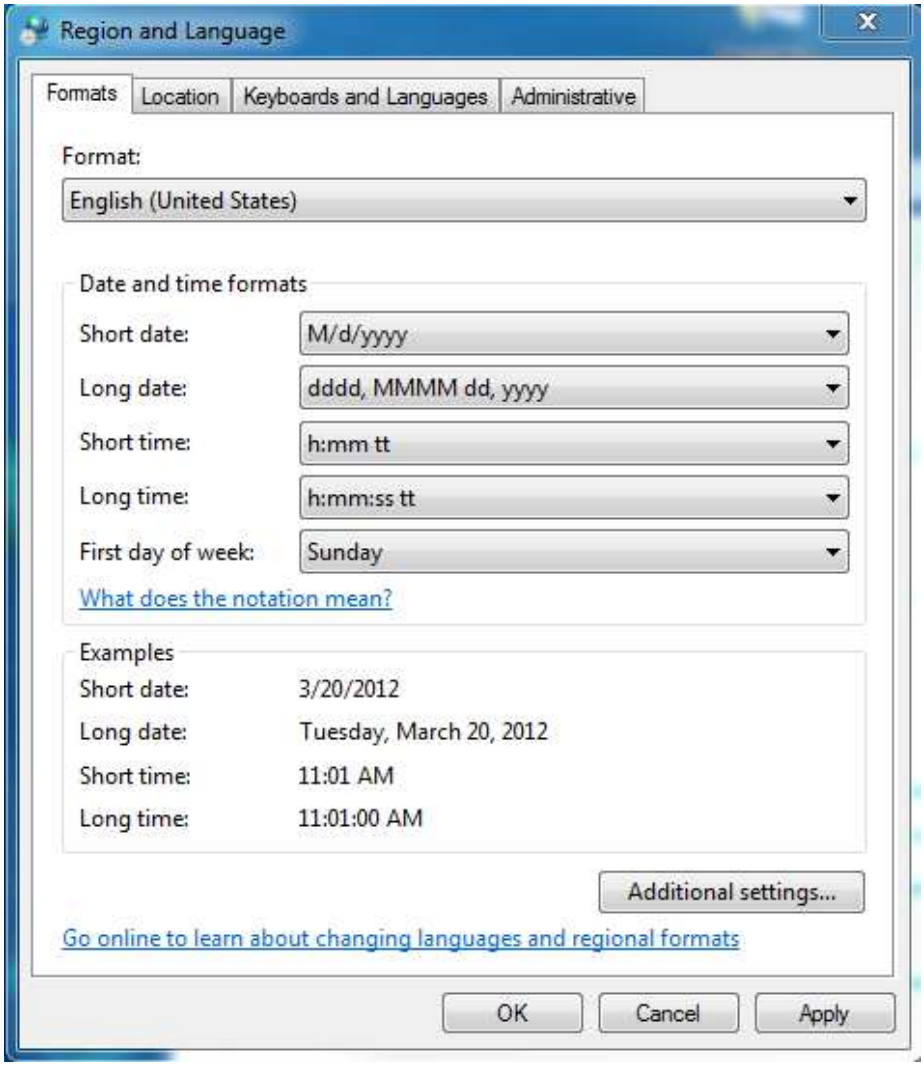



Figura 22: Selección de idioma del sistema operativo

This is important to make Simulated DaNI work.

After this, copy all files located in "Enobio_LIBS" to system folder:

For Windows 32 bits: destination folder should be *C:\Windows\System32*

For Windows 64 bits: destination folder should be *C:\Windows\SysWOW64*

Last, copy the folder *proyecto_2.2* to the root folder.

### Running the project

Open the project file *C:\proyecto_2.2\proyecto_2.2.lvproj* and run the VI *MAIN.VI*

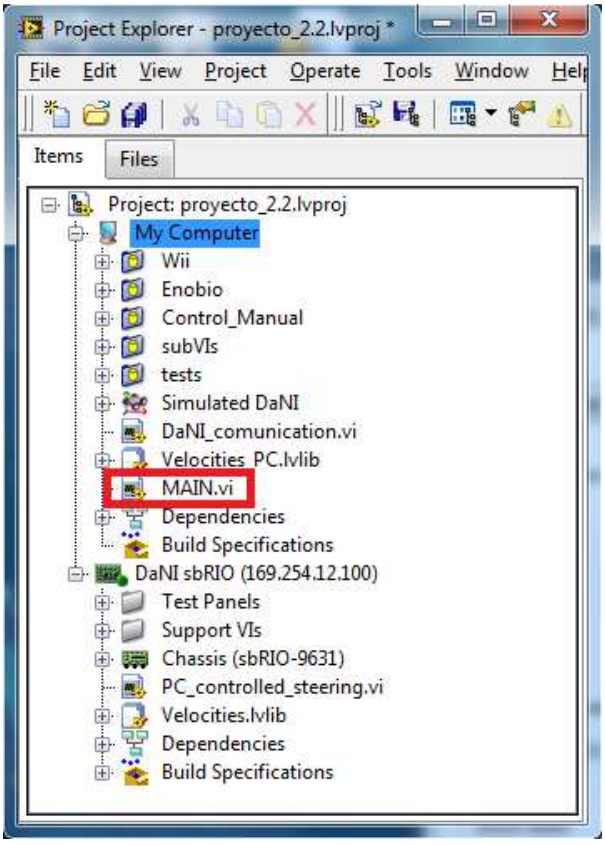



Figura 23: Ventana de proyecto

Follow the instructions to connect with DaNI and start playing the application. After that the DaNI communication should be launched automatically:

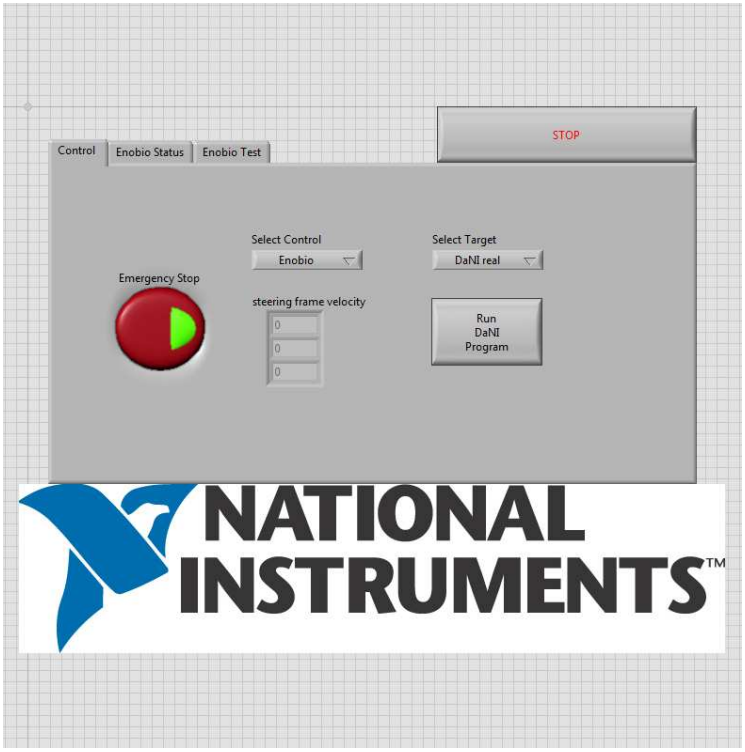



Figura 24: Panel principal del proyecto (inglés)

After the DaNI_comunication window is launched, if you want to make an Enobio control, first of all, go to "Enobio Status" tab.

Figura 25: Pestaña de conexión con enobio (inglés)

If you have followed all instructions to reach this point (you have connected the Enobio box to the computer and you have turned on Enobio head-belt). You just have to click connect to connect with the hardware, and when "ON" led turns on, you can click "Start Streaming" and the streaming should start turning on the "STREAMING" led.

NOTE: We detect that sometimes in computers with more than one USB port, Enobio Box don't work in all of them, so if you reach satisfactory this point but when you click "Connect Enobio" the "ON" led doesn't turn on, try to connect Enobio Box in other USB port.

*At this point all is working!! (but in standby status until required).*

What to do if all is working?

First of all, launch Enobio Test from "Enobio Test" tab:

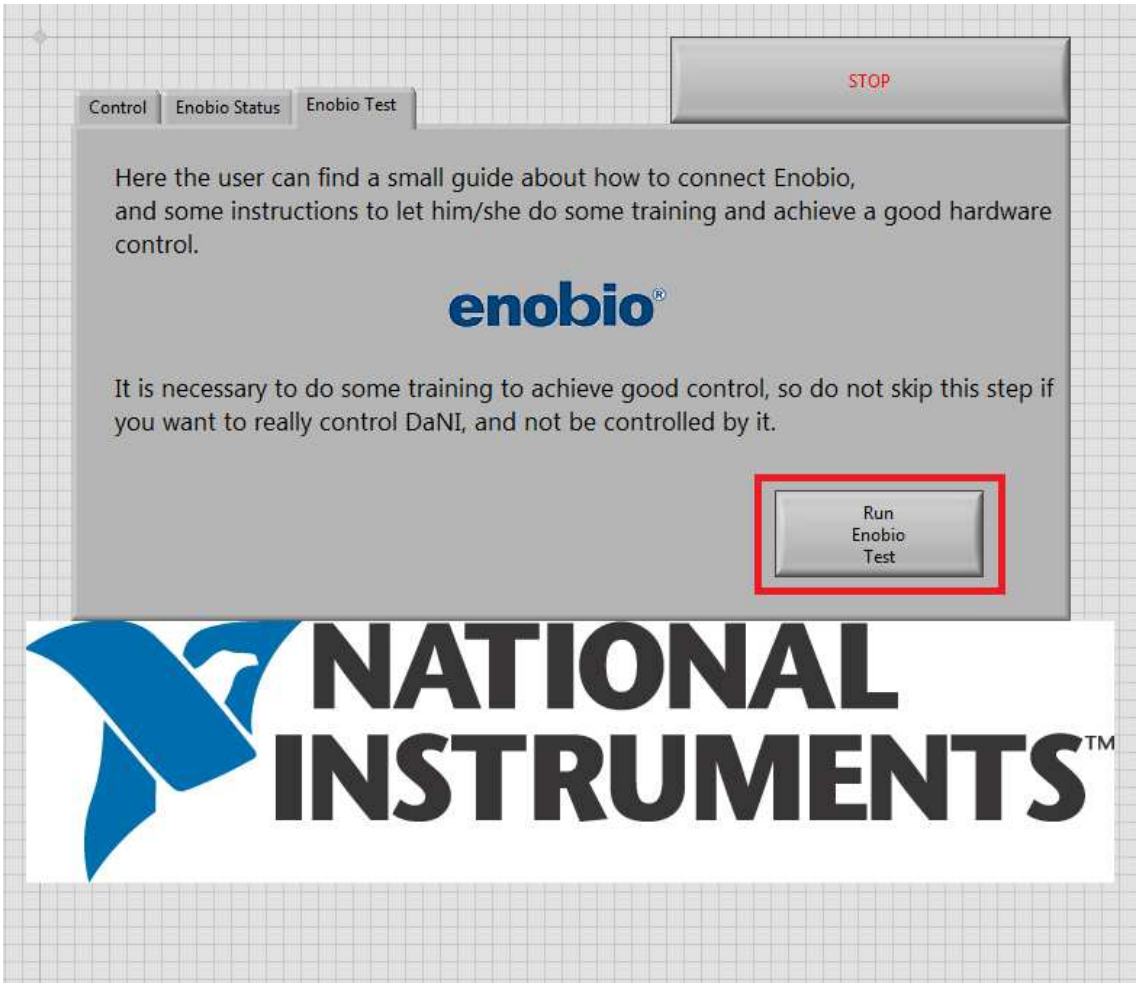



Figura 26: Pestaña de test (inglés)

There you have some instructions about how to locate correctly the sensors, and various test panels to check if the signals are as they supposed to be.

You can practice also to see if you can control it and send the orders you want.

### Running real DaNI

When you try to launch the real DaNI control, you will be alerted to turn on motors in DaNI platform, which should be off before this moment.

Tips:

In DaNI communication window check that "Emergency Stop" is off to control DaNI.

DaNI has an emergency automatic action configured. If it detects and obstacle in front of it, it is going to drive backward until the obstacle goes away. If you drive DaNI forward to a wall, it will enter in a cycle going forward and backward all the time until you send stop command.

In manual control from the computer don't forget to specify a velocity, if not, even if you press forward, DaNI is going to be stoped.

# HOW IT WORKS

## LabVIEW – Enobio

### How it works?

Basically you have 2 state machines working in parallel:

The first one has 3 States: *Stopped*, *Forward* and *Backwards*, and indicates the way DaNI is moving.

The second one has another 3 states: *Not Turning*, *Turning Right* and Turning Left.

The way this state machines work is similar. We have a "central state" (Stopped, and Not Turning). And we can move from this state to the other two states blinking or making some eye movements. See the image below.

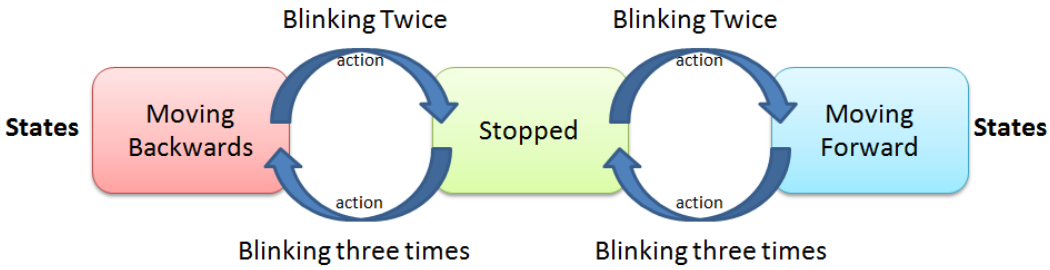



Figura 27: Máquina de estados de avance y retroceso (inglés)

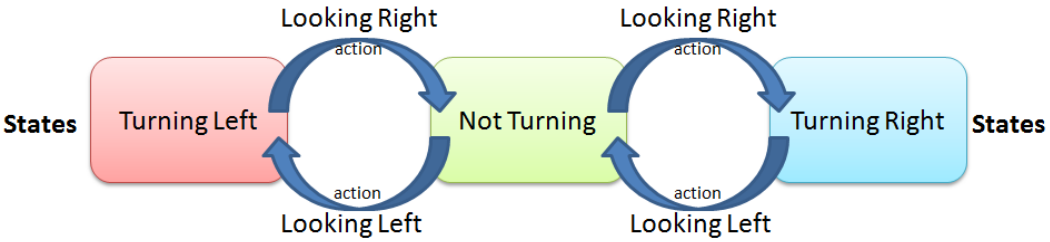



Figura 28: Máquina de estados de giro (inglés)

The physics in the base of this project is that the eye is a dipole, having more positive change in the front and more negative in the back side. The Enobio measure the voltage in the skin that it's going to be higher when the front side of the eye its closer to the sensor and lower in the other case.

Also when we close the eyes, the voltage is incremented due to the muscle action.

We are going to use these two properties to manage the actions.

As we have 4 sensors, to have more precision we are going to use all of them to control forward and backward movements, and sensors in the sides to control rotation movement.

### Forward and Backward movements

For the forward and backward movements, we are going to add all channels, and manage blinking to send forward or backward instructions. We have to establish a time to let the user make these blinks, and this time depends on acquiring velocity. This is a bad behavior we are trying now to solve, but normally in the same computer the acquiring velocity it's more or less the same.

By default, the program is configured to acquire 100 samples when a blink is detected to give time (about two seconds) to the user to make those two or three blinks, but if the computer has a very fast processor you can change, the acquisition samples to acquire, to give more time to the user.

You can find this number in both data managers Vis, the test one, and the one used for control the real DaNI.

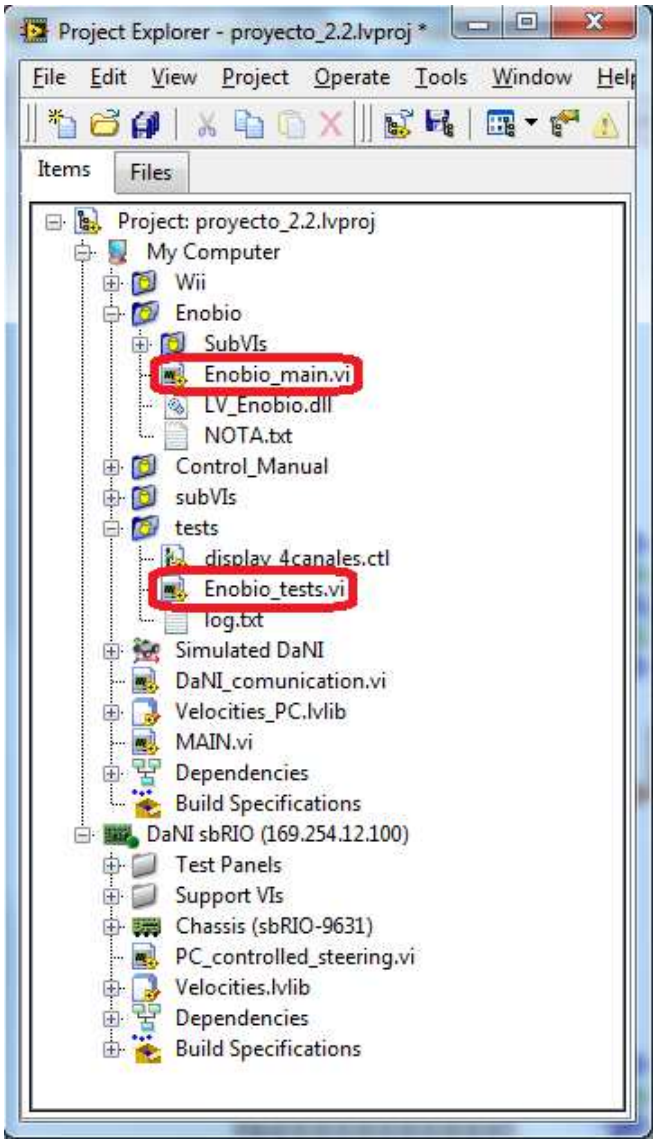



**Figura 29: Ventana del proyecto, detalle Enobio_main y Enobio_test (inglés)**

Search for this Initialize Array showed below in the Block Diagram of both Vis, and change it if needed (normally not).

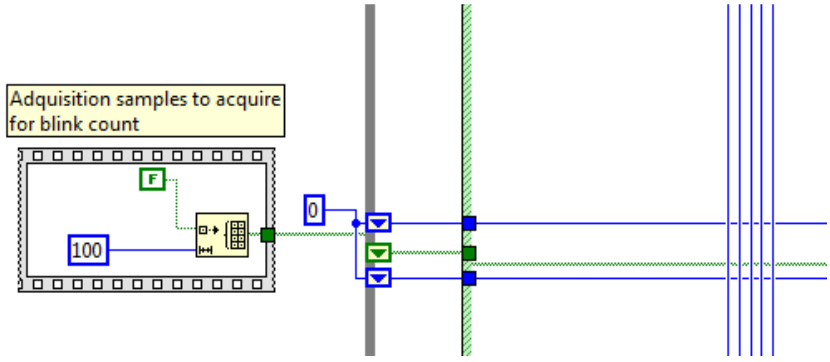



**Figura 30: Detalle de programación, vector de avance (inglés)**

Note: Be careful changing this number, because if you increase it, the system can start detecting involuntary blinks as you want to go forward, and the system

response delay could be too large. The system has to wait to acquire those entire samples to know what user want to do.

### Turning movements

For turning movements, we are going to use two of the four sensors, the two sensors on the sides. Why? As explained before the eye works as a dipole, these two sensors are going to read data better than the other two. If we are looking to the right, the sensor at the right is going to have a positive measurement, and the one on the left, a negative measurement. And inverse if we look to the left.

For these movements, we don't need to look two or three times to the sides. Just one time, and the correct movement to detect this fine is a short saccadic movement to the side we want to start turning. This means that the movement has to be quickly and pronounced. The best way to do this is to look at a thing located in the side we want to turn and after go back to the front.

To check if the user want to turn, the program have to acquire 10 samples that indicate that the user want to turn. This number can be changed if acquisition velocity is too fast or too slow. If you are acquiring every 10ms, you have to make a 100ms movement to that side.

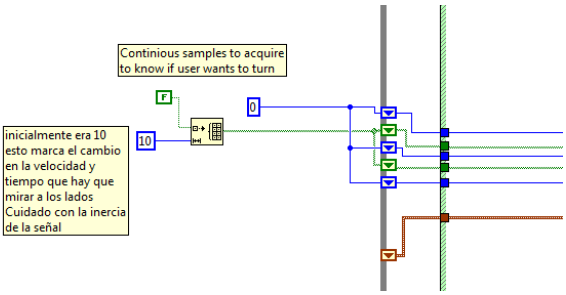



Figura 31: Detalle de programación, vector de giros (inglés)

**Note**: You can find this again in both data managers Vis, the test one, and the one used for control the real DaNI.

If the user makes a slow movement, the program is going to think that he made two movements, and DaNI is going to turn the other side. You can start a loop looking one side to the other and make DaNI drive drunk. This is the most difficult thing to control and why user had to test and practice.

### Limits to compare

After known which and how the program is going to detect the movements, the last thing you can configure (but it's tested in several people and looks that works fine for all, are the limits to compare and detect the events. Are also easy to find and change. You can find them in both data managers VIs.

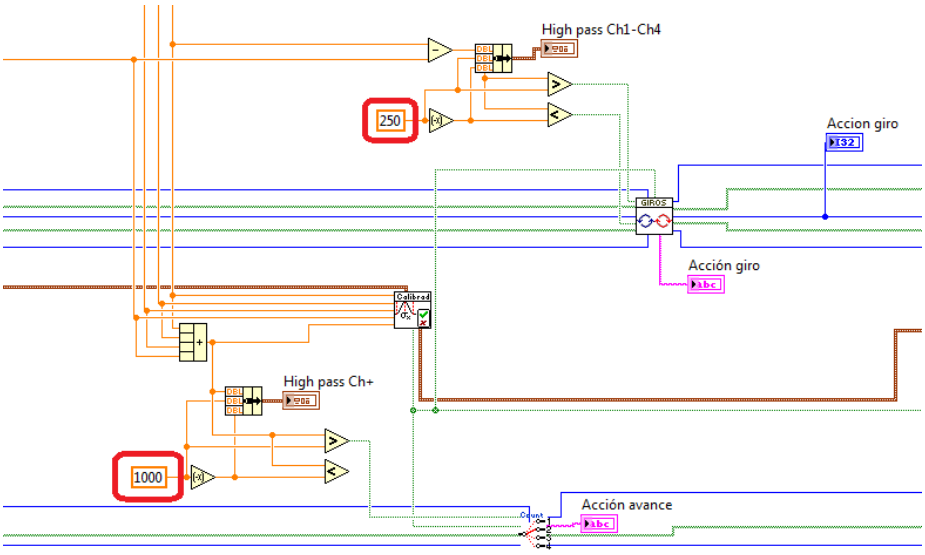



**Figura 32: Detalle de programación, límites de detección (inglés)**

By default, the limit to check blinks is 1000, because we are adding 4 channels, and this limit is easily to achieve if we blink consciously and hard to achieve other way.

Note: If you look up at same time you blink, you can achieve this limit easier.

By default, the limit to check the sides is +250 or -250, because we are extracting Ch1 and Ch4, this make bigger the difference between look to the front or the sides. And we check if is positive or negative to know the side we are looking, positive to the right and negative to the left.

# Figuras

*Figura 1: ADXL330 in a Wii remote* ..... xvii
*Figura 2: Coordinate system used by Wii Remote* ..... xviii
*Figura 3: Detalle de pestañeos en DIAdem* ..... xxiii
*Figura 4: Detalle mirando a la derecha en DIAdem* ..... xxiv
*Figura 5: Detalle mirando a la izquierda en DIAdem* ..... xxv
*Figura 6: Ventana de inicialización del programa* ..... xxvii
*Figura 7: Panel principal pestaña de control* ..... xxviii
*Figura 8: Panel principal, pestaña de conexión de Enobio* ..... xxviii
*Figura 9: Panel principal, pestaña de test* ..... xxix
*Figura 10: Panel de test, pestaña de conexión* ..... xxx
*Figura 11: Panel de test, pestaña de señales* ..... xxxi
*Figura 12: Panel de test, pestaña de control* ..... xxxii
*Figura 13: Pestañas de selección de control* ..... xxxiii
*Figura 14: Pestañas de selección de objetivo* ..... xxxiii
*Figura 15: Panel de Enobio, pestaña de conexión* ..... xxxiv
*Figura 16: Panel de Enobio, pestaña de señales* ..... xxxiv
*Figura 17: Panel de Enobio, pestaña de control* ..... xxxv
*Figura 18: Panel de WiiRemote* ..... xxxvi
*Figura 19: Panel de control por teclado/ratón* ..... xxxvi
*Figura 20: Entorno de simulación 3D* ..... xxxvii
*Figura 21: Simulación de los datos del sensor de ultrasonidos* ..... xxxvii
*Figura 22: Selección de idioma del sistema operativo* ..... xl
*Figura 23: Ventana de proyecto* ..... xli
*Figura 24: Panel principal del proyecto (inglés)* ..... xlii
*Figura 25: Pestaña de conexión con enobio (inglés)* ..... xlii
*Figura 26: Pestaña de test (inglés)* ..... xliv
*Figura 27: Máquina de estados de avance y retroceso (inglés)* ..... xlvi
*Figura 28: Máquina de estados de giro (inglés)* ..... xlvi
*Figura 29: Ventana del proyecto, detalle Enobio_main y Enobio_test (inglés)* ..... xlviii
*Figura 30: Detalle de programación, vector de avance (inglés)* ..... xlviii
*Figura 31: Detalle de programación, vector de giros (inglés)* ..... xlix
*Figura 32: Detalle de programación, límites de detección (inglés)* ..... l